

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-122750  
 (43)Date of publication of application : 26.04.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/26  
G02B 6/122

(21)Application number : 2000-317463

(22)Date of filing : 18.10.2000

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

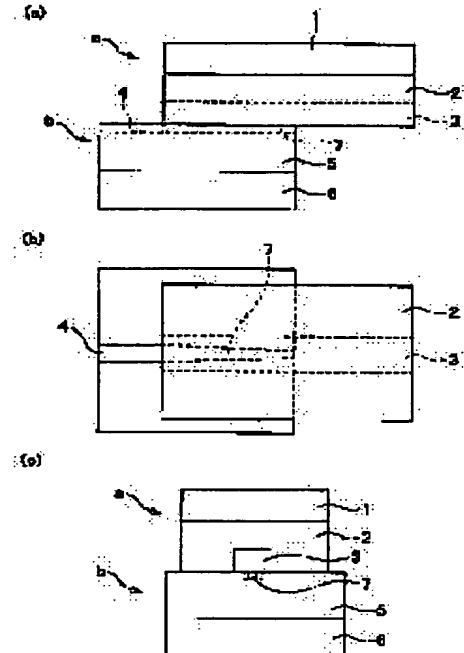
(72)Inventor : SHOJI TETSUSHI  
YAMADA KOJI  
MORITA HIROBUMI  
NOTOMI MASAYA  
ARAYA AKIHIKO  
YOKOHAMA ITARU

## (54) STRUCTURE FOR CONNECTING OPTICAL WAVEGUIDE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical waveguide connection structure that enables reduction in connection loss between optical waveguides of a different spot size in the waveguide mode, as well as reduction in reflection attenuation, that requires no high accuracy in a connecting device or operation, and that is easily manufactured by manufacturing process technology of an integrated circuit.

**SOLUTION:** The optical waveguide connecting structure is for optically connecting, a first optical waveguide (a) having a first core 3 guiding/transmitting light and a clad 2, whose refractive index is smaller than that of the first core, with a second optical waveguide (b), having a second core 4 that has a refractive index larger than that of the first core of the first optical waveguide. In the second core of the second optical waveguide, a tapered part 7 is formed, of which the dimension in the width direction diminishes toward the end of the second waveguide, while the cross sectional height is maintained in the longitudinal direction, and the first core of the first optical waveguide and the tapered part in the second core of the second optical waveguide are arranged so as to be optically closed to each other in a state with them being contacted or parallel with each other longitudinally.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.12.2001  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-122750

(P2002-122750A)

(43)公開日 平成14年4月26日 (2002.4.26)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 6/26  
6/122

識別記号

F I

G 0 2 B 6/26  
6/12

テマコト(参考)

2 H 0 3 7  
A 2 H 0 4 7

審査請求 有 請求項の数2 O L (全7頁)

(21)出願番号 特願2000-317463(P2000-317463)

(22)出願日 平成12年10月18日 (2000.10.18)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72)発明者 荘司 哲史

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 山田 浩治

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

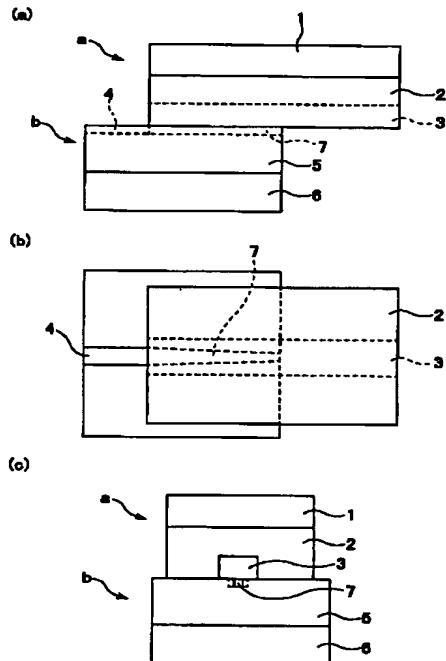
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光導波路接続構造

(57)【要約】

【課題】光導波路の導波モードのスポットサイズが異なる光導波路同士の接続損失や、反射減衰量を小さくすることが可能で、接続のための装置や作業に高い精度を必要とすることなく、しかも集積回路製造プロセス技術により容易に製造可能な光導波路接続構造を提供することを課題とする。

【解決手段】光を導波伝搬する第1コア3、この第1コアよりも屈折率が小さいクラッド2を有する第1光導波路aと、この第1光導波路の第1コアの屈折率よりも屈折率が大きい第2コア4を有する第2光導波路bとを光学的に接続する光導波路接続構造において、前記第2光導波路の第2コアは、長手方向の断面高さを維持した状態で、その幅方向の寸法をその第2導波路の端部に向かって小さくなるテーパ部7を形成し、前記第1光導波路の第1コアと、前記第2光導波路の第2コアにおける前記テーパ部とが長手方向に接触または平行な状態で光学的に近接するように配置されている光導波路接続構造とした。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光を導波伝搬する第1コアおよびこの第1コアよりも屈折率が小さいクラッドを有する第1光導波路と、この第1光導波路の第1コアの屈折率よりも屈折率が大きい第2コアを有する第2光導波路とを光学的に接続する光導波路接続構造において、

前記第2光導波路の第2コアは、長手方向の断面高さを維持した状態で、その幅方向の寸法をその第2導波路の端部に向かって小さくなるテーパ部を形成し、前記第1光導波路の第1コアと、前記第2光導波路の第2コアにおける前記テーパ部とが長手方向に接触または平行な状態で光学的に近接するように配置されていることを特徴とする光導波路接続構造。

【請求項2】前記第1光導波路と前記第2光導波路とが同一の基板に形成され、かつ、前記基板に形成されるクラッドが連続した同一素材よりなることを特徴とする請求項1に記載の光導波路接続構造。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光を導波伝搬する光導波路同士を接続する光導波路接続構造に係り、特に、屈折率の異なる光導波路を互いに接続する場合に適した光導波路接続構造に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、平面光導波路を配線部材として、発光素子、受光素子、光変調器等の光回路素子を集積して形成される光集積回路は、高度な光信号処理が可能であり、量産性、安定性、コスト性等の観点から、光通信における主要な部品となりつつある。この光集積回路に用いられる光回路素子の多くは、内部に屈折率による光閉じこめ構造にもとづく導波路構造を持ち、配線部材である光導波路との高効率な結合が求められている。

【0003】一方、光集積回路内の配線部材である平面導波路においても、従来の石英系の素材から、シリコンを素材に用いる構造が研究されており、既存の石英系あるいはポリマー導波路等との接続が求められている。

【0004】ところが、シリコンをはじめとする半導体の屈折率は、光通信にもっぱら用いられる近赤外域において石英系素材やポリマー系素材のそれと比較して約2倍から3倍程度大きな値を持っている。そのため、シリコン材料によるシングルモード条件を満たすコアの断面は、例えば、クラッドの材料が石英で、コア断面が厚さ0.2μmの矩形である場合、幅が0.4μm程度あるいはそれ以下となり単に導波路端面を突きあわせるだけでは、高効率な結合を実現することが困難である。したがって、結合される導波路コアは、その先端部を厚み方向にテーパ状に加工することによりモードフィールド径の拡大を図り、高効率な結合を実現している。この従来技術を図4により示す。図4(a)、(b)は従来の光導波路接続構造の側面状態を示す概略図である。

2

【0005】図4(a)、(b)に示すように、導波路コア先端部100は、平面基板126の上に、アンダークラッド125、オーバークラッド123に挟み込まれる形で、周囲より屈折率の高いコア部124となめらかに断面積の変化するテーパ部129が形成されている。なお、導波路コア先端部100に接続される光導波路(光ファイバ等)101は、石英系素材よりなるクラッド127と、このクラッド127の内側に形成された石英系素材よりなるコア部128とを備えており、コア部128はクラッド127よりわずかに大きな屈折率を有している。

【0006】そのため、光導波路であるコア部124の左端から入射した光は、断面積の小さいテーパ部129の右端ではモードフィールド径が拡大され、石英系素材よりなるコア部128に低損失で結合される。この時の接続損失は、たとえば「ONU(光ネットワークユニット)の光技術」(光学 第24巻 第5号(1995年5月))では、計算値で0.5dB程度、実験値で0.75dB程度の数値が示されている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前記した従来の光導波路接続構造ではテーパ部分の形状・特に先端部での断面形状は高精度で加工することが要求されることになった。また、前記の結合構造では接続する二つの導波路端面のどちらも高い精度での研磨が必要であり、研磨作業が大変であった。さらに、前記の光導波路接続構造では、屈折率の低い方のコア径における10分の1程度の精度で位置決めを行う必要があり、位置決め操作が大変であった。

【0008】また、前記の光導波路接続構造では、屈折率の高いコアと、屈折率の低いコアの中心軸を同一平面上とする事が必要であるため、同一の平面基板上に二つの導波路を複合して形成するためには、高さ方向の加工を伴う複雑な手順が要求されることになった。さらに、前記の光導波路接続構造では、両端面間での反射損失を低減させるため、端面に無反射コーティング等の加工を行う必要があった。

【0009】本発明は、前記の問題点に鑑み創案されたものであり、その目的は、光導波路の導波モードのスポットサイズが異なる光導波路同士の接続損失や、反射減衰量を小さくすることが可能で、接続のための装置や作業に高い精度を必要とすることなく、しかも集積回路製造プロセス技術により容易に製造可能な光導波路接続構造を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため、本発明ではつきのよう構成した。すなわち、光を導波伝搬する第1コアおよびこの第1コアよりも屈折率が小さいクラッドを有する第1光導波路と、この第1光導波路の第1コアの屈折率よりも屈折率が大きい第2コ

50

アを有する第2光導波路とを光学的に接続する光導波路接続構造において、前記第2光導波路の第2コアは、長手方向の断面高さを維持した状態で、その幅方向の寸法をその第2光導波路の端部に向かって小さくなるテーパ部を形成し、前記第1光導波路の第1コアと、前記第2光導波路の第2コアにおける前記テーパ部とが長手方向に接触または平行な状態で光学的に近接するように配置されている光導波路接続構造とした。

【0011】このように構成されることにより、この第1コアおよび第2コアの接続部分における導波モードが光を入力する側から光を出力する側へ行くに従い、光を入力する側の光導波路のコアを通過する光パワーが、出力する側の光導波路のコアを通過する光パワーより大きい状態から、光を出力する側の光導波路のコアを通過する光パワーが、入力する側の光導波路のコアを通過する光パワーより大きい状態へ徐々に変化するようになる。

【0012】また、前記した光導波路接続構造において、前記第1光導波路と前記第2光導波路とが同一の基板に形成され、かつ、前記基板に形成されるクラッドが連続した同一素材よりなるように構成した光導波路接続構造とした。このように構成することにより、低損失で接続できるという利点がある。また、テーパ部の高さ方向の加工を必要としない利点がある。

### 【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる光導波路接続構造を、図面を参照して詳細に説明する。図1は本発明にかかる第一の実施の形態である。図1(a)は、光導波路接続構造の正面状態を示す模式図、(b)は(a)の平面状態を示す模式図、(c)は(a)の右側面状態を示す模式図である。

【0014】図1(a)、(b)、(c)に示すように、第1光導波路aは、平面基板1と、この平面基板1の一方面に形成される石英系素材よりなるアンダークラッド2と、このアンダークラッド2の一方面の中央に沿って形成される石英系素材よりなる光導波路コア3(第1コア)とを備えている。

【0015】また、第2光導波路bは、平面基板6と、この平面基板6の一方面に形成される石英系素材よりなるアンダークラッド5と、このアンダークラッド5の一方面で中央に沿って形成されるシリコンよりなる光導波路コア4(第2コア)と、この光導波路コア4の端部に、その光導波路コア4の断面高さ(厚さ)を維持した状態で幅寸法を先端に向かうに従って細くなるように連続的に変化して形成されたテーパ部7とを備えている。

【0016】そして、第2光導波路bのテーパ部7は、第1光導波路aの光導波路コア3と長手方向に接触または平行な状態で光学的に近接するように配置された状態で配置されている。なお、ここでは、第1光導波路aと、第2光導波路bとを光硬化樹脂などの接続部材を介して結合させた状態としている。テーパ部7と光導波路

コア3との位置関係は、軸線同士が一致していることが望ましいが、光導波路コア3の幅内で平行にズレる状態や、あるいは光導波路コア3の幅内にテーパ部7が収まる程度の状態であれば良く、厳密な整合性を必要とするものではない。また、平行な状態で光学的に近接するとは、伝搬する光が許容範囲の損失内で適切に一方から他方に伝わることができる状態である。

【0017】アンダークラッド2および光導波路コア3、アンダークラッド5の屈折率は、添加不純物および使用波長帯域により異なるが近赤外光の領域においては、いずれもおおむね1.4から1.5程度である。一方、光導波路コア4の屈折率は、おおむね3.4程度である。光導波路コア4の厚さは0.2μm程度、幅は0.4μm程度であり、光導波路コア3の厚さと幅はいずれも21μm～10μm程度である。

【0018】また、テーパ部7は、その幅が左端(光導波路コア4側)においては光導波路コア4の幅から右端(先端)に向かうにしたがって0.1μmあるいはそれ以下となるように形成されている。このテーパ部7の長さは数十μm程度から1mm程度に形成されている。このテーパ部7の幅および長さは、接続する側の光導波路コアに対して位置決めなどを行う場合に操作が容易となる寸法に形成されれば、特に限定されるものではない。なお、前記した各構成の寸法は、ここで挙げた寸法以外であっても構わない。

【0019】つぎに、光導波路接続構造における光の伝搬状態を説明する。光導波路コア4の左端面から入射した光は、光導波路コア4を伝搬しテーパ部7の左端位置に到達する。光導波路コア3の左端において光導波路コア4のクラッドの役割をする空気と光導波路コア3の屈折率の違いにより、一部の光が反射するが、空気と光導波路コア3との屈折率の違いは、光導波路コア4と空気あるいはテーパ部7と光導波路コア3の屈折率の違いにくらべると相対的に小さいので、この反射光強度は弱い。

【0020】光がテーパ部7を図1における右方向に伝搬するにつれて、コア幅が徐々に狭まり光の閉じこめが弱くなりモードフィールドが周囲に広がろうとする。ところが、このときアンダークラッド2、5より屈折率の高い光導波路コア3が隣接して存在するため、光パワーの分布は光導波路コア4から光導波路コア3のみへ徐々に移っていく。

【0021】テーパ部7の右端部(先端)でも一部反射が起きるが、断面が十分小さく、有効屈折率が小さくなっているため、この場所で発生する反射光はわずかである。前記とは逆に光導波路コア3の右端部から入射した場合には、ちょうど逆に、右から左へ光が進行するにつれて光導波路コア3、テーパ部7を介して、光導波路コア4へ光の分布が移動する。このように、テーパ部7を介して光導波路コア3と光導波路コア4を接続すること

で屈折率のことなる光導波路を接続する場合に適した光導波路接続構造を構成することができる。

【0022】なお、テーパ部7は、長手方向の断面の高さをほぼ保ったまま幅のみを変化させているので、高さ方向の加工を必要としない。これによって、リソグラフィやエッティング等を用いた加工が容易にできるという利点がある。また、テーパ部7のテーパ部分は、その面状態が、その伝搬される波長に比して十分なめらかである必要があるが、作成上の必要に応じて、十分に微細な凹凸であれば存在しても構わない。また、図1ではテーパは直線で表しているが、なめらかな曲線であっても構わない。

【0023】さらに、テーパ部7の高さは、ほぼ一定としたが、加工の結果テーパ先端部で幅が細くなる部分において、高さが減少する方向で多少変化しても、これが連続的かつゆるやかであるなら構わない。また、ここでは導波路を構成する素材としてシリコンおよび石英を挙げたが、これは一つの例示に過ぎず、ガリウム砒素やインジウム燐等他の半導体材料やガラス素材、ポリマー素材等であっても構わない。

【0024】つぎに図2を参照して本発明における第2の実施の形態を説明する。図2(a)は、光導波路接続構造の正面状態を示す模式図、(b)は(a)の平面状態を示す模式図、(c)は(a)の右側面状態を示す模式図である。

【0025】図2(a)、(b)、(c)に示すように、光導波路Aは、平面基板12と、この平面基板12の一方面に形成された石英系素材よりなるアンダークラッド9と、このアンダークラッド9の一方面で中央位置に沿って矩形断面に形成された光導波路コア10(第2コア)と、この光導波路コア10の長手方向の端部に、その先端に向かうに従って幅寸法が小さくなるように形成されたテーパ部13と、このテーパ部13の一方面に接触するように石英系素材よりなる矩形断面に形成された光導波路コア11(第1コア)と、この光導波路コア11および前記光導波路コア10の一面に接触するように形成された石英素材よりなるオーバークラッド8とを備えている。

【0026】なお、テーパ部13と光導波路コア11の整合状態は、長手方向に沿ってその光導波路コア11およびテーパ部13の軸線が一致する状態で整合されていることが望ましいが、光導波路コア11の幅内で平行方向にズレる状態であることや、また、光導波路コア11の幅内にテーパ部13が配置され、伝搬する光が許容範囲の損失内で適切に一方から他方に伝わることができると状態であれば良い。

【0027】オーバークラッド8、およびアンダークラッド9、および光導波路コア11の屈折率は、添加不純物および使用波長帯域により異なるが近赤外光の領域ではいずれもおおむね1.4から1.5程度である。一

方、光導波路コア10の屈折率は、おおむね3.4程度である。

【0028】光導波路コア10は、その厚さが0.2μm程度、幅が0.4μm程度に構成されている。また、光導波路コア11は、その厚さと幅がいずれも2μm~10μm程度に構成されている。

【0029】テーパ部13は、その幅が、左端側(光導波路コア10側)では光導波路コア10の幅と等しく、先端側(右側)においては0.1μmあるいはそれ以下となるように構成されている。そして、このテーパ部13は、その長さが数十μm程度から1mm程度になるよう構成されている。なお、前記した各構成の寸法は、ここで挙げた寸法以外であっても構わない。

【0030】また、図2では、アンダークラッド9の上面に凸をもうけて光導波路コア11の下面をフラットとしたが、光導波路コア10の厚さは、光導波路コア11の厚さと比較すると十分に小さいので、アンダークラッド9ではなく光導波路コア11の側に下方に凸となるように凸部を設けて、アンダークラッド9の上面を平らであるようにしても、本発明による効果に変化はないし、リソグラフィプロセス技術による製造がより容易となる。

【0031】本実施例は、同一基板上に材質やスポットサイズの異なる第1と第2の導波路を構成し、これらを接続する部分も同一基板上に構成するものであり、低損失で接続できるという利点がある。また、テーパ部の高さ方向の加工を必要としないので、加工が容易で作りやすいという利点もある。

【0032】つぎに、光導波路コア10から光導波路コア11に伝達される光の伝達状態を説明する。光導波路コア10の左端面から入射した光は光導波路コア10を伝搬してテーパ部13の左端面に到達する。オーバークラッド8と光導波路コア11の境目で一部の光が反射するが、オーバークラッド8と光導波路コア11の屈折率の違いは、光導波路コア10とオーバークラッド8あるいは、テーパ部13と光導波路コア11の屈折率の違いに比べると極めてわずかであるので、この場所で発生する反射光はごくわずかである。

【0033】光は、テーパ部13の幅が徐々に狭まるに従って閉じこめが弱くなり、モードフィールドが周囲に広がろうとするが、オーバークラッド8、アンダークラッド9より屈折率の高い光導波路コア11が隣接して存在するため、光パワーの分布が光導波路コア10からテーパ部13を介して光導波路コア11のみへ徐々に移っていく。光は、テーパ部13の先端部でも一部反射を発生するが、テーパ部13の断面が十分小さく、有効屈折率が小さくなっているため、この場所で発生する反射光はごくわずかである。

【0034】前記とは逆に光導波路コア11の右端部から光が入射した場合には、ちょうど逆に、右から左へ進

行するにつれて光導波路コア11からテーパ部13を介して光導波路コア10へ光パワーの分布が移動する。

【0035】テーパ部13は、そのテーパ（傾斜）部分の面状態が、波長と比較して十分なめらかである必要があるが、製造上の必要に応じて、十分に微細な凹凸であれば存在しても構わない。また、図2ではテーパは直線で表しているが、なめらかな曲線であっても構わない。

【0036】つぎに、図3を参照して本発明における第3の実施の形態を説明する。図3（a）は光導波路接続構造の正面状態を示す模式図、（b）は（a）の光導波路接続構造の平面状態を示す模式図、（c）は（a）の光導波路接続構造の右側面状態を示す模式図である。なお、図3では、平面基板21の左右に離間して一体に形成された第1光導波路cおよび第2光導波路dを有する第1モジュールと、両光導波路c、dとは別体に形成した第3光導波路eである第2モジュールとを接続する構成について説明する。

【0037】第3光導波路eは、平面基板14と、この平面基板14の一方面に形成された石英系素材よりなるアンダークラッド15と、このアンダークラッド15の一方面で中央に沿って形成された矩形断面の光導波路コア22（第2コア）と、この光導波路コア22の左右に端部に向かうに従って幅が狭くなるように形成された第1テーパ部16および第2テーパ部17とを備えている。

【0038】また、第1光導波路cおよび第2光導波路dは、平面基板21およびこの平面基板21の一方面に形成した石英系素材からなるアンダークラッド20を共通して備えており、このアンダークラッド20の所定位に形成した凸部分20aの左右で中央に沿って矩形断面に形成された第1光導波路コア18（第1コア）と、第2光導波路コア19（第1コア）とを備えている。

【0039】そして、第3光導波路eの第1テーパ部16と第2テーパ部17が、第1光導波路cおよび第2光導波路dの第1光導波路コア18と第2光導波路コア19の上に重なり合うように第1モジュールと第2モジュールとを精密位置決めを行い、光硬化樹脂などの接合部材を介して接合する。

【0040】このとき、製造誤差と位置決め誤差を合わせた第1テーパ部16と第1光導波路コア18、第2テーパ部17と第2光導波路コア19の位置ズレの許容範囲量は、第1光導波路コア18および第2光導波路コア19の幅内に収まる程度であり、従来技術を用いた方法より格段にゆるやかである。そのため、複数の入出力光導波路を持つ半導体光回路部品を、石英型光導波路上に集積する事が容易となる。

【0041】なお、図3では、二つの光導波路の組が同一直線上で平面基板に一体に結合しているが、3つあるいはそれ以上の光導波路の組であっても構わないし、結合される光導波路が別々に形成される構成であっても

よく、さらに、各々の光導波路の位置関係が、クラッドに形成されるテーパ部を備えるコアを複数平行・放射状などに形成し、それぞれのテーパ部に、接続するための光導波路を接触させる構成としてもよい。なお、接続させる光導波路の位置関係は、他の任意の位置関係であっても構わない。また、光導波路コア22は、任意の光機能部であればよく、例えば、光スイッチの構成や、あるいは、光フィルタの構成であってもよく、特に、導波路構造を持つ必要はなく、波長分散プリズム等であっても構わない。さらに、図1ないし図3では、光導波路接続構造として、それぞれの光導波路の断面形状を矩形断面として説明したが、それ以外の断面形状であっても、本発明のテーパ部を備える構成であれば、特に、その断面形状を限定されるものではない。

#### 【0042】

【発明の効果】本発明によれば、2つの光導波路の光結合を行う光導波路接続構造は、幅方向にテーパを形成するテーパ部を介して、入力側の光導波路の導波モードから出力側の光導波路の導波モードへ徐々に変化するため、入力側の光導波路の導波モードが出力側の光導波路の導波モードに断続的に変換される。これによって、入力側及び出力側の光導波路のスポットサイズが整合しない場合においても損失の少ない接続が可能となり、また、光の伝搬方向において反射の要因となる急激な導波路構造の変化がないため、接続部分の結合部における反射戻り光を極めて少なくでき、反射減衰量を従来技術と比べてそれ以下まで小さくすることができる。そして、光導波路接続構造は、厚さ方向の変化を伴う構造を有しないためリソグラフィプロセス技術等による製造に適し、高精度加工や大量生産が容易となる。

【0043】また、光導波路接続構造は、接続部分の結合部における2つの光導波路は等価屈折率を特定の値に正確に調整する必要がないので、光導波路の横造を厳密に制御する必要がなく、さらにまた、結合における二つの光導波路の相対的な位置ズレ量は、コアとクラッドの比屈折率差が小さい光導波路すなわちコア断面積が大きな光導波路のコア断面積と同等程度で良いため、接続のための作業に高い精度を必要としない。

【0044】さらに、光導波路接続構造は、同一基板上に材質やスポットサイズの異なる複数の光回路を作りこれらを同基板上で相互に接続する場合、低損失の接続構造を容易な加工で製作できるという利点がある。したがって、光導波路接続構造は、ハイブリット集積回路に最適に使用することができる。なお、光導波路接続構造は、複数の入出力光導波路を持つ半導体光回路部品を、石英型光導波路上に集積する事が容易となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】（a）は本発明にかかる第1の実施の形態における光導波路接続構造の正面状態を示す模式図、（b）は（a）の平面状態を示す模式図、（c）は

(a) の右側面状態を示す模式図である。

【図2】 (a) は、本発明にかかる第2の実施の形態における光導波路接続構造の正面状態を示す模式図、

(b) は (a) の平面状態を示す模式図、(c) は (a) の右側面状態を示す模式図である。

【図3】 (a) は、本発明にかかる第3の実施の形態における光導波路接続構造の正面状態を示す模式図、

(b) は (a) の平面状態を示す模式図、(c) は (a) の右側面状態を示す模式図である。

【図4】 (a)、(b) は従来の光導波路接続構造の概略図である。

【符号の説明】

- a 第1光導波路
- b 第2光導波路
- c 第1光導波路
- d 第2光導波路

\* e 第3光導波路

A 光導波路(第1光導波路、第2光導波路)  
1, 6, 12, 21 平面基板

2, 5, 15, 20 アンダークラッド  
3 光導波路コア(第1コア)

4 光導波路コア(第2コア)  
7, 13, 16, 17 テーパ部

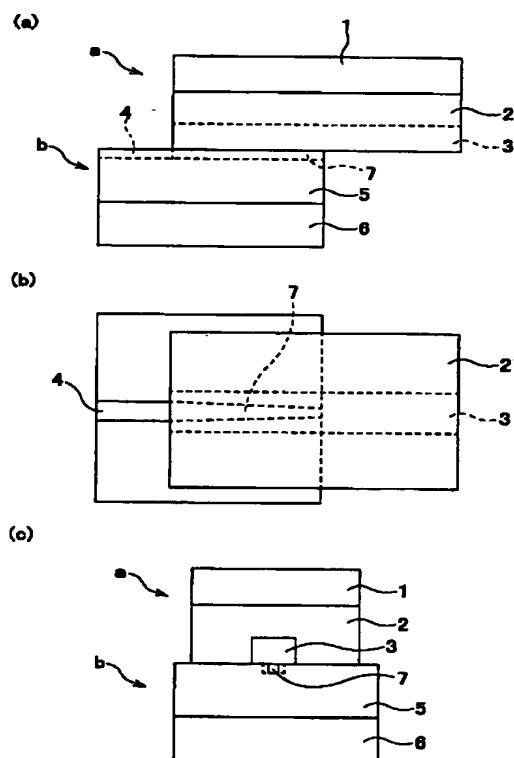
8 オーバークラッド  
9 アンダークラッド

10 光導波路コア(第2コア)  
11 光導波路コア(第1コア)

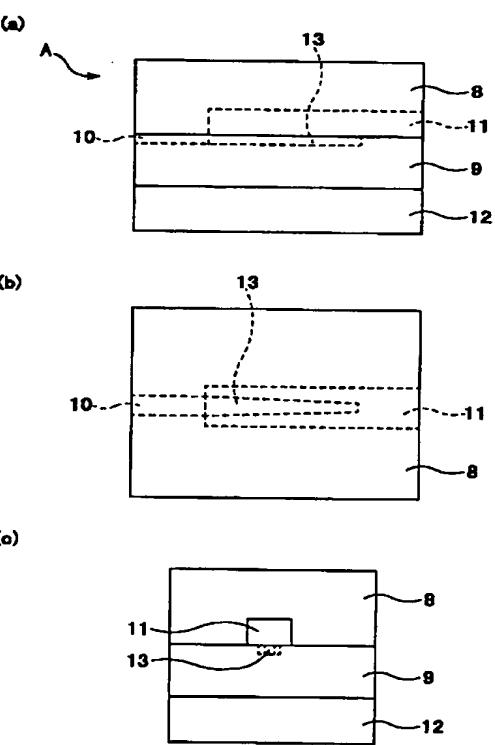
18 第1光導波路コア(第1コア)  
19 第2光導波路コア(第1コア)  
20 a 凸部  
22 光導波路(第2コア)

\*

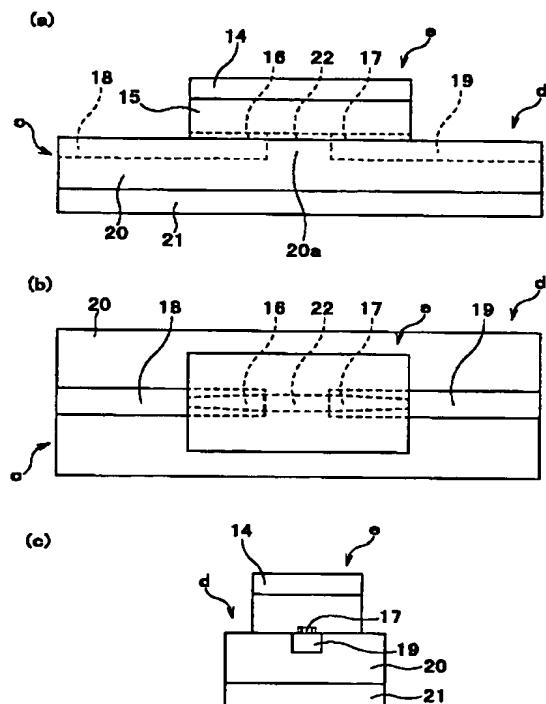
【図1】



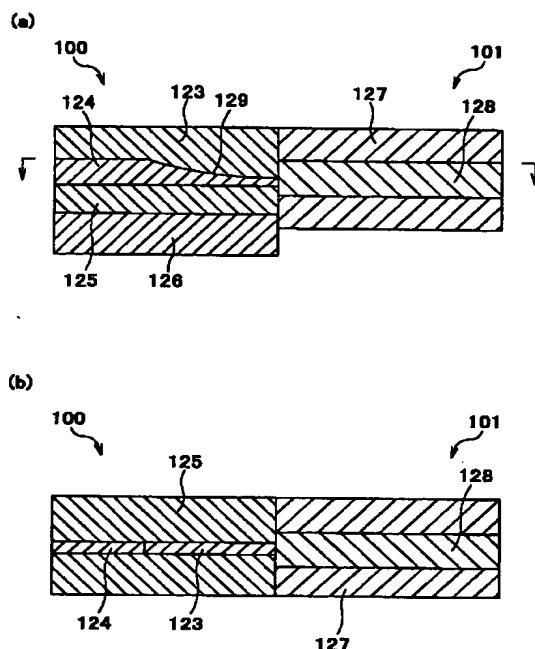
【図2】



【図3】



【図4】



## フロントページの続き

(72)発明者 森田 博文  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 納富 雅也  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

(72)発明者 新家 昭彦  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 横浜 至  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
F ターム(参考) 2H037 AA01 BA24 CA00  
2H047 KA03 KA13 KB08 RA08 TA32

Optical Interconnecting Structure  
of Si Waveguide on SOI Substrate

An Si wire optical waveguide using an Si layer and buried oxide layer formed on an SOI substrate as a core and cladding, respectively, can confine light very strongly as compared with a conventional optical waveguide. It is therefore expected that optical circuits will be greatly reduced in size and increased in density. Since a waveguide of this type, however, has a mode field diameter on the submicron order, it is an important challenge to connect to an optical fiber with high efficiency.

In this report, we propose a structure in which an Si core distal end having a cross section with a height of  $0.2 \mu\text{m}$  and a width of  $0.4 \mu\text{m}$  is inversely tapered, and a high- $\Delta$  core having a square cross section with  $3 \mu\text{m}$  sides is formed on the distal end, thereby adiabatically changing the propagation mode and optically connecting them with a low loss. This structure requires no complicated process in the thickness direction, and can be formed by a small number of steps. The structure can be expected to be used as the external input/output structure of a submicron optical circuit such as a photonic crystal formed on an

SOI substrate. According to a numerical simulation, the coupling loss caused when tapered portion length ( $L$ ) = 500  $\mu\text{m}$  and  $\Delta$  = 3% is about 0.8 dB.

## 30a-YK-10

## 2次元フォトニック結晶の單一欠陥を用いた面出力型波長分波器の光学特性

Optical Properties of Surface-emitting Wavelength-selectors Using a Single Defect in 2D Photonic Crystal.

京都大学工学部、ATR環境適応通信研、CREST JST\*\*\*

○田中智子\*、今田昌宏\*\*\*、平井裕磨\*、望月理光\*、チュティナン アロンカーン\*、野田進\*

Department of Electronic Science and Engineering, Kyoto University, ATR Adaptive Communications research laboratories, CREST JST\*\*\*

T. Tanaka\*, M. Imada\*, M. Mochizuki\*, A. Chutinan\*, S. Noda\*, t.tanaka@cr.acr.str.co.jp, imada@kuee.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】2次元フォトニック結晶の單一欠陥を用いたデバイスとして、我々は面出力型波長分波器を提案・作製し、その基本特性について報告してきた。<sup>1,2)</sup>今回、さらに詳細に2Dフォトニック結晶波長分波器の光学特性を測定し、理論との比較を行ったので報告する。

【実験】まず、顕微分光測定装置を用いて、波長可変半導体レーザーからの1.55μm帯の光を試料の導波路端面に入射させ、欠陥から垂直上方へ取り出だされる光のスペクトルを測定した。測定に用いた試料の形状模式図を図1に示す。欠陥から取り出される光のスペクトルのピーク波長は、図2に示すように欠陥サイズに依存して変化し、波長チューニングが可能なことが確認された。この結果は計算から得られた関係とほぼ一致することも分かった。続いて、ピーク波長での光の偏光特性についても測定を行った。その結果を図3に示す。図に示すように、ある特定の方向(同図では導波路に平行な方向)に偏光することが見て取れる。理論計算からは、欠陥形状が純粋な円である場合は、殆ど偏光が生じないに対し、わずかな非対称性が導入され円形となるとき、偏光が生じるという結果を得ており、得られた偏光特性は作製時にわずかに生じた非対称を反映しているものと考えられる。詳細は当日発表する。

【謝辞】本研究の一部は文部省科研費特定研究(B)および京都大学VBLの援助を受けた。

【参考文献】1) S. Noda, et al., Nature, 407, 608 (2000). 2) 今田他、第61回応用物理学学会学術講演会予稿集 5p-Q-6, p. 915

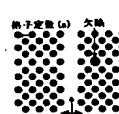
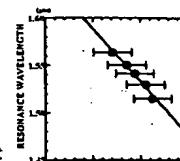
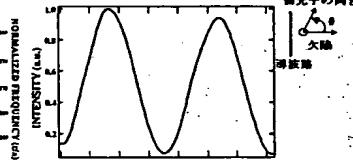


図1: 試料の形状

図2: 欠陥サイズと  
ドロップ光周波数の関係図3: ドロップ光の  
偏光特性

## 30a-YK-11

## SOI基板上に形成したSi細線光導波路の外部結合構造

Optical Interconnecting Structure of Si Waveguide on SOI-Substrate

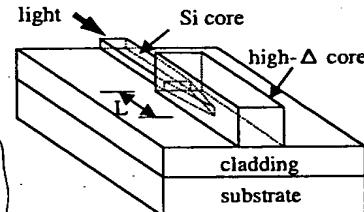
NTT通信エネルギー研究所、物性基礎研究所\* 荘司哲史、森田博文、山田浩治、納富雅也\*、新家昭彦、横浜至\*、渡辺俊文、大木茂久、高橋千春

NTT Telecommunications Energy Labs. Basic Research Labs.\* T.Shoji, H.Morita, K.Yamada, M.Notomi\*, A.Shinya\*, I.Yokohama\*, T.Watanabe, S.Ohki, C.Takahashi

tshojo@aecl.ntt.co.jp

SOI基板上のSi層をコア、埋込み酸化物層をクラッドとして用いるSi細線光導波路では、従来の光導波路と比較して極めて強く光を閉じこめることができ、光回路の大幅な小型・高密度化が期待されている。しかしこのタイプの導波路ではモードフィールド径がサブミクロンの領域になるため、高い効率で光ファイバと接続することが重要な課題となる。

本報では断面が厚さ0.2μm、幅0.4μmのSiコア先端を逆テーパ状に加工し、その上に断面が一辺3μmの正方形であるhigh-Δコアを形成することで伝搬モードを断熱的に変化させ、両者を低損失で光学的に接続することを提案する。本構造は厚さ方向の複雑な加工を必要とせず、少ない工程で作成可能であり、SOI基板上に形成されたフォトニック結晶等のサブミクロン光回路の外部入出力構造としての利用が期待できる。数値シミュレーションによると、テーパー長(L)を500μm、Δ=3%としたときの結合損失は0.8dB程度である。

図4: SOI基板に一體的に形成した  
外部接続構造

## 30p-YK-1

## 光パルス伝搬時間測定によるフォトニック結晶の分散特性評価

Time of flight measurement of optical pulses in a photonic crystal

日本電気(株)システムデバイス・基礎研本、東北大学NICHe\* 白根昌之、山田博仁、川上彰二郎\*

Sys. Dev. and Fundamental Res., NEC Corp., Tohoku Univ., NICHe\*, M. Shirane, H. Yamada, and S. Kawakami\*

e-mail: m.shirane@bu.jp.nec.com

はじめに フォトニック結晶(PhC)は特異な分散特性を有し、さらに結晶構造によってそれを制御することができるから、分散制御素子としての応用が期待される。これまでスーパー屈折効果をはじめとして屈折角の変化に関する実験の報告例はあるが<sup>1,2)</sup>、時間領域での実験の報告は非常に少ない。今回、1次元PhCの積層面に平行方向への光パルス伝搬時間を、波長分散を含めて初めて測定したので報告する。

実験と結果 測定に用いた1次元PhCはSi基板上にa-Si/SiO<sub>2</sub>が各々0.35μm厚で20周期、合計14μm厚で積層されている。積層周期を無限大として計算したバンド図を図1に示す。測定に用いた光パルスは時間幅120fs、繰り返し1kHzであり、PhCへはビーム半径を6.5μmに絞って入射した。伝搬長は225μmであり、この範囲ではほぼコリメート光と見なせる。

図2にTM偏波に対するPhC伝搬後の光パルス波形におけるピーク遅延時間の測定結果を(●)で示している。光はSi基板に少し漏れているため、これに対応する伝搬時間(2.6ps付近、■)も見えている。また図2には、図1から導かれるパルス伝搬時間の計算結果も実線で示している。これらを比較すると、第2、第3バンドの伝搬光の一一致が良くないものの、第1バンドの伝搬光は400nmの広範囲にわたって理論と実験がよく一致している。高次バンドの不一致は結晶厚が有限であることが原因の1つであると考えられる。

謝辞 本研究は、科学技術振興調整費の助成により行われたものです。

参考文献 [1] H. Kosaka et al., Phys. Rev. B 58, R10096 (1998).

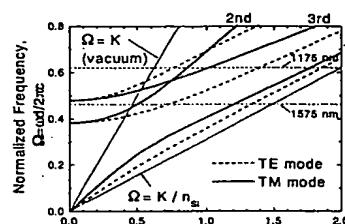


図1: PhCのバンド図

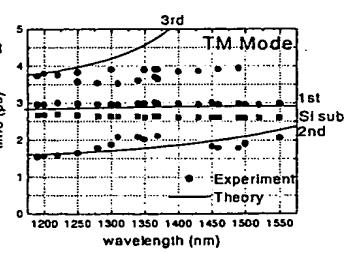


図2: 光パルス伝搬時間の波長依存性